

Concepción de laboratorio de matemáticas y una mirada al laboratorio virtual de matemáticas

Conception of a Mathematics Laboratory and a Look at the Virtual Mathematics Laboratory

Laura María Monroy-Hoyos¹ 
Andrés Felipe Carvajal-Gómez² 

Cómo citar este artículo:

Monroy-Hoyos, L.M. y Carvajal-Gómez, A.F. (2024). Concepción de laboratorio de matemáticas y una mirada al laboratorio virtual de matemáticas. *Pre-impresos Estudiantes*, (26), 36-44.

Introducción

Este estudio se desarrolla en el marco de la Maestría en Docencia de la Matemática de la Universidad Pedagógica Nacional, bajo el núcleo problémico de Tecnología y Educación Matemática. Surge a raíz de la identificación de una problemática asociada a la conceptualización de los laboratorios virtuales de matemáticas (LVM), evidenciada por los autores al revisar la literatura sobre este concepto. Se observó que existen diferencias significativas entre la naturaleza de un laboratorio de matemáticas (LM) y lo planteado para un LVM. Por ello, mediante una revisión documental, se realizó una comparación exhaustiva entre ambos conceptos para determinar los elementos necesarios que permitan caracterizar adecuadamente el LVM.

Antecedentes

Dado que el objetivo de la investigación se centra en el diseño de un LVM, es preciso considerar el trabajo realizado por Maschietto y Trouche

(2010), quienes desarrollaron un estudio enfocado en responder a las preguntas ¿existen buenos contextos para desarrollar instrumentos matemáticos? ¿existen buenas prácticas docentes que ayuden a la génesis instrumental y a la construcción de significados matemáticos? y ¿cómo es posible promover dichas prácticas docentes? El estudio se fundamentó en el enfoque instrumental propuesto por Rabardel (1995) y en el enfoque de la mediación semiótica propuesto por Bartolini-Bussi y Mariotti (2008). Consistió en la revisión documental de los enfoques mencionados y de la historia de las matemáticas para concluir que el LM, gestionado desde una serie específica de reglas, se considera un buen contexto para desarrollar instrumentos matemáticos y promover la génesis instrumental³ en los estudiantes, junto con la construcción de significados y el desarrollo de determinados procesos matemáticos. Asimismo, los autores aluden a la posibilidad de

1 Magíster en Docencia de la Matemática, Universidad Pedagógica Nacional, estudiante. lmonroyh@upn.edu.co.

2 Magíster en Docencia de la Matemática, Universidad Pedagógica Nacional, estudiante. afcarvajalg@upn.edu.co

3 Entendida como el constructo que caracteriza el proceso mediante el cual los seres humanos interactúan con objetos cotidianos que dotan de significados para resolver tareas.

orquestrar actividades de laboratorio mediadas por tecnologías digitales, no obstante, no especifican qué características deben tener estos espacios.

Marco teórico

En los últimos años, diversos autores (Jaimés y Quiroga, 2020; Castro y Forero, 2019) han señalado la existencia de una problemática relacionada con el aprendizaje de las matemáticas, pues parece ser que los métodos seleccionados por los profesores para su enseñanza no apuntan hacia un aprendizaje eficaz de los objetos y procesos matemáticos, que les permita a los estudiantes enfrentarse a las disposiciones de la sociedad actual. Una posible causa de lo anterior radica en que dichos métodos ubican como eje central del proceso de enseñanza y aprendizaje al profesor y al conocimiento matemático, y dejan de lado otros aspectos que investigaciones recientes, como la de González y Tovar (2017), han considerado importantes para el aprendizaje de las matemáticas, como el rol del estudiante, el contexto y las prácticas docentes, entre otros.

En ese orden de ideas, la comunidad de educadores matemáticos se ha encargado de investigar y proponer estrategias que le permitan al profesor llevar a cabo un proceso de enseñanza y aprendizaje diferente, que considere relevantes y esenciales los aspectos importantes que se mencionaron. Una de las propuestas que se enfoca en la actividad del estudiante, en la experimentación, y en el desarrollo de procesos y competencias es el LM.

Según Maschietto y Trouche (2010), el LM centra su atención en el vínculo que existe entre los aspectos manipulativos y el aprendizaje de las matemáticas, por lo tanto, está relacionado con la tradición pedagógica y didáctica de los métodos activos. Este concepto ha sido investigado por profesores de matemáticas así como por matemáticos, relacionándolo particu-

larmente con el uso de artefactos. El objetivo de un LM, según Borel (2002), es la construcción de significados matemáticos.

El LM a lo largo de su historia ha sido conceptualizado por diferentes investigadores en términos de sus elementos característicos. A continuación, se presentan algunas definiciones. La UMI-CIIM⁴ (2004; citado por Grueso y Valencia, 2019) define el LM como “un conjunto estructurado de actividades que tienen como objetivo construir significados para los objetos matemáticos” (p. 60). El LM muestra similitudes con el concepto de *talleres renacentistas*, en los cuales los aprendices aprendían viendo lo que se hacía y haciendo, comunicándose entre sí y con los expertos.

En consonancia con lo anterior, Kahane (2006) menciona que un LM es una sala, equipada con algún material (computadoras, libros, materiales y objetos) que puede usarse para experimentos o construcciones matemáticas. El autor menciona que un LM debe contar con un buen conjunto de actividades para proponer a los participantes y que debe ser un espacio para la experimentación. Del mismo modo, para Pabón *et al.* (2008) el LM es una estrategia pedagógica de utilización de materiales, en la que se encuentra un conjunto de actividades matemáticas para que los participantes desarrollen autónomamente por medio del uso de variadas situaciones.

Hernández y Ángel (2017) comentan que el LM es una estrategia de enseñanza y aprendizaje. Su objetivo es permitir que los alumnos descubran, relacionen, apliquen y construyan su propio aprendizaje, a partir de la interacción con diferentes recursos. Dicha autora sostiene que la experimentación es esencial dado que ayuda a los estudiantes a superar la idea de que las matemáticas son aburridas e innecesarias.

4 Unión Matemática Italiana-Comisión Italiana para la Enseñanza de las Matemáticas

Las definiciones comentadas permiten dar una idea de la esencia de lo que se concibe como LM. No obstante, dando cumplimiento a los objetivos de esta investigación centraremos la atención en lo relacionado con los laboratorios virtuales de matemáticas. Para García *et al.* (2002) el LVM es entendido como el aula de informática, pues es allí donde los estudiantes pueden realizar exploraciones de objetos matemáticos usando computadores. Biñan (2015) establece que el LVM es un simulador interactivo de objetos de estudio matemáticos. Finalmente, Infante (2014) apoyándose en la Unesco (2000) define el LVM como un espacio electrónico de trabajo concebido para la colaboración y la experimentación a distancia con el fin de investigar o realizar otras actividades creativas, y elaborar y difundir resultados mediante tecnologías difundidas de información y comunicación.

Metodología

Dada la naturaleza de la investigación, se sigue un enfoque cualitativo de tipo fenomenológico, ya que el interés de este estudio se centra en la descripción, el análisis y la interpretación de información. Este enfoque se relaciona con la elaboración de un constructo sobre el LVM, basado en documentos que registran la concepción de LM y otros adicionales que contribuyen a su construcción; en consonancia con lo anterior, la aproximación es interpretativa o hermenéutica.

Para la revisión documental, se llevaron a cabo varios procedimientos rigurosos de búsqueda y selección entre los años 2000 y 2024. Se eligió este periodo debido al desarrollo que tuvieron los entornos virtuales en la enseñanza de las matemáticas, teniendo en cuenta la introducción de tecnologías digitales importantes en las últimas dos décadas y el impacto de la pandemia de covid-19, que transformó las prácticas educativas hacia entornos virtuales, impulsando avances considerables.

Inicialmente, se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos académicas como ERIC y Google Scholar, utilizando palabras clave como “laboratorio de matemáticas” y “laboratorio virtual de matemáticas”. Se identificaron y descargaron cinco documentos publicados entre el 2000 y el 2020. Posteriormente, se aplicaron criterios de inclusión y exclusión, como la relevancia del contenido y la calidad de la fuente, para seleccionar los documentos más pertinentes. Los documentos seleccionados fueron analizados en profundidad para identificar y comparar las definiciones y características esenciales de LM y LVM.

En relación con las fases de la investigación, primero se identificaron y se registraron en una matriz las definiciones o concepciones de varios referentes sobre el LM, con el fin de caracterizar los elementos esenciales que lo componen. A continuación, se consultó sobre las concepciones de LVM expuestas por distintos referentes nacionales e internacionales, y se identificaron algunos aspectos que se correspondían con la concepción de LM. En tercer lugar, se estableció la diferencia entre un ambiente virtual de aprendizaje y un LVM, para, finalmente, determinar un constructo teórico adecuado sobre LVM que se correspondiera con la esencia de un LM, identificada en las anteriores revisiones.

De acuerdo con las definiciones mencionadas, es posible determinar que estas se encuentran distantes de las concepciones sobre el LM, ya que las definiciones para el LVM se centran en el recurso tecnológico mas no en la actividad propia del estudiante en términos de su interacción con el medio. Por esta razón es pertinente elaborar un constructo sobre el LVM que sea consecuente con los elementos generales que caracterizan al LM.

Resultados y análisis

Con base en la revisión documental realizada, fue posible establecer una serie de categorías

fundamentadas en los elementos que se consideraron constitutivos de un LM. En la tabla 1 se presentan las categorías comentadas y en la tabla 2 se expone la relación entre estas y las concepciones de LM tenidas en cuenta en el marco teórico.

Tabla 1. Categorías del LM

Abreviación	Categorías según aspectos clave de las definiciones
CT1	Aquellas que se refieren al LM como un conjunto de actividades
CT2	Aquellas que se refieren al LM como un espacio físico
CT3	Aquellas que contemplan la experimentación
CT4	Aquellas que contemplan el uso de recursos tangibles
CT5	Aquellas que contemplan el uso de tecnología digital
CT6	Aquellas que contemplan la construcción de significados matemáticos
CT7	Aquellas que contemplan la interacción social

Nota. Elaboración propia

Para comprender mejor las distintas dimensiones del LM, es esencial explorar cada una de las categorías identificadas en nuestra revisión documental. Cada categoría representa un aspecto clave que caracteriza y define la función y estructura de un LM. A continuación, se presentará un análisis detallado de cada categoría, comenzando con la conceptualización del LM como un conjunto de actividades (CT1). Este análisis se basará en las definiciones y descripciones extraídas de los documentos revisados, para proporcionar un marco comprensivo que integra tanto las perspectivas teóricas como las prácticas observadas en la literatura. A medida que avancemos, examinaremos cómo estas actividades no solo facilitan la experimentación y el uso de recursos tangibles y digitales, sino que también contribuyen significativamente a la construcción de significados matemáticos entre los estudiantes.

En relación con la CT1, esta se refiere a la conceptualización del LM como un conjunto de actividades diseñadas para facilitar el aprendizaje y la comprensión de conceptos matemáticos. En esta concepción, los LM son descritos en la literatura como “entornos” que promueven el aprendizaje de las matemáticas por medio de prácticas experimentales que corresponden a simulaciones, resolución de problemas, experimentos y proyectos colaborativos.

En cuanto a la categoría CT2, esta se refiere a la definición del LM como un espacio físico específicamente diseñado para facilitar el aprendizaje y la experimentación en matemáticas. Estos espacios suelen estar equipados con una variedad de recursos físicos, tales como manipulativos, herramientas de medición, tecnología digital, pizarras interactivas y mobiliario flexible. Según Arce (2004), el LM se considera un espacio abierto para el estudiante, donde se encuentran organizadas una serie de actividades y materiales para resolverlas. Estas actividades no solo se refieren a contextos reales, sino también a contextos matemáticos específicos y se caracterizan porque no requieren del acompañamiento directo de un profesor para su resolución.

La CT3 se enfoca en la importancia de la experimentación dentro del LM y cómo esta práctica facilita el aprendizaje activo y la comprensión de conceptos matemáticos. En el LM, la experimentación se concibe como el proceso mediante el cual los estudiantes interactúan con materiales y recursos matemáticos para explorar y comprender conceptos por medio de la práctica y la observación. La CT4 y la CT5 se centran en el uso de los recursos tangibles y la tecnología digital para el favorecimiento del aprendizaje. En el LM, el uso de esos recursos se concibe como la integración de materiales que los estudiantes pueden manipular y explorar durante el desarrollo de una actividad. Estos recursos tangibles incluyen manipulativos, herramientas de medición y otros dispositivos físicos. Por otro lado, la tecnología digital

se entiende como la incorporación de herramientas y plataformas digitales, tales como *software* educativo, simulaciones, aplicaciones de realidad aumentada y pizarras interactivas, que enriquecen la experiencia de aprendizaje al proporcionar medios más dinámicos para la representación de los objetos matemáticos.

La ct6 se refiere a la construcción de significados matemáticos en un LM, entendida como el proceso mediante el cual los estudiantes comprenden los conceptos matemáticos por medio de actividades prácticas y exploratorias. El LM debe ser un entorno donde los estudiantes puedan conectar ideas abstractas con experiencias concretas, y se promueva una comprensión holística de las matemáticas. Este proceso se ve fortalecido por la ct7, ya que en la literatura re-

sada, la mayoría de las definiciones coinciden en la importancia de la interacción social desde la perspectiva sociocultural del aprendizaje de Vygotsky.

Para una mejor comprensión y organización de las diferentes concepciones del LM, hemos desarrollado una tabla que clasifica cada definición de acuerdo con las categorías establecidas en nuestra revisión documental. En la tabla 2, cada concepción se clasifica según los aspectos clave que aborda. Esta clasificación no solo facilita la comparación entre las diferentes definiciones, sino que también destaca los elementos comunes y divergentes que enriquecen nuestra comprensión del LM y su implementación en contextos educativos.

Tabla 2. Relación concepciones LM y categorías LM

Concepción	ct1	ct2	ct3	ct4	ct5	ct6	ct7
AA. VV. (2004)	x				x	x	x
Kahane (2006)	x	x	x				
Pabón <i>et al.</i> (2018)	x			x	x		x
Hernández (2017)	x		x	x	x		
Mascietto y Trouché (2010)	x	x	x	x	x	x	x
Arce (2004)		x	x	x	x		x

Nota: elaboración propia

Esto permitió identificar que uno de los elementos que comparten todas las concepciones analizadas es que el LM se concibe como un conjunto de actividades; no obstante, estas actividades son diseñadas de manera tal que permitan la experimentación con recursos tangibles y tecnológicos. De este modo, consideramos que un LM no requiere necesariamente de un espacio físico. Así las cosas, para efectos del presente trabajo, comprenderemos como LM un conjunto de actividades que tienen

como propósito la construcción de los significados de los objetos matemáticos, mediante la experimentación con recursos didácticos.

Por otro lado, al analizar las concepciones sobre LVM, se logró evidenciar que estos planteamientos distan de los elementos característicos de un LM. En la tabla 3 se muestran las categorías establecidas teniendo en cuenta las definiciones comentadas en el marco teórico, la relación entre estas y las concepciones de LVM presentadas en el marco teórico.

Tabla 3. Categorías del LVM

Abreviación	Categorías según aspectos clave de las definiciones
CT1-LVM	Aquellas que se refieren al LVM como un conjunto de actividades.
CT2-LVM	Aquellas que se refieren al LVM como un simulador (objeto virtual de aprendizaje)
CT3-LVM	Aquellas que contemplan el uso de una computadora.
CT4-LVM	Aquellas que contemplan la experimentación.
CT5-LVM	Aquellas que se refieren al LVM como un ambiente virtual de aprendizaje.

Nota: elaboración propia

Infante (2014), en articulación con la Unesco (2000), define el LVM como un espacio electrónico de trabajo concebido para la colaboración y la experimentación a distancia con el fin de investigar o realizar otras actividades creativas, y elaborar y difundir resultados mediante las TIC. Para Biñan (2015), por su parte, un LVM es un simulador interactivo de objetos de estudio matemáticos.

Al comparar *grosso modo* estas concepciones con las del LM, es posible determinar algunas diferencias que radican particularmente en la naturaleza del LM. Es por ello por lo que el propósito de este documento es establecer una concepción de LVM que tenga en cuenta la naturaleza del LM. En consecuencia, enseguida se mencionarán aspectos relevantes sobre el funcionamiento del LVM.

De acuerdo con lo anterior, la concepción propuesta por Biñan (2015) no corresponde con lo estipulado para un LM. El autor se refiere al LVM como un simulador interactivo de objetos de estudio matemáticos, pero si se analiza esta concepción a la luz de los cuatro elementos constitutivos del LM expuestos en la sección anterior, se podría mencionar que dicha concepción no está alineada con la naturaleza de un LM. En primer lugar, porque en su concepción no se alude a la experimentación, ni a las actividades de laboratorio y tampoco a la interacción

social, asuntos fundamentales del LM. Desde la perspectiva de Biñan (2015) un LVM puede ser, según se interpreta de su investigación, un *software* como GeoGebra; no obstante, consideramos que GeoGebra, por sí mismo, no puede considerarse un LVM porque aunque el *software* permita que haya una suerte de exploración con las herramientas que posee, es claro que este tiene unos objetivos particulares que distan de los del LM: la representación de los objetos matemáticos. En síntesis, GeoGebra o cualquier *software* del cual se haga uso en el aula para el proceso de aprendizaje y enseñanza de las matemáticas, no necesariamente es un LVM.

Otro *software* del cual se suele hablar en educación matemática cuando se alude a las simulaciones es PhET, una plataforma gratuita en línea proporcionada por la Universidad de Colorado en Boulder. Desde nuestra perspectiva, PhET tampoco es un LVM porque este no contempla por sí mismo actividades de laboratorio, ni interacción social. Los aplicativos que contiene son simuladores interactivos en su mayoría descontextualizados, es decir, no tienen una situación problemática de fondo, sino que más bien, sus funciones corresponden a la representación y simulación de situaciones específicas que desempeñan un papel más cercano a permitir la experimentación. Con esto precisamos que, aunque PhET no sea un LVM, no significa que en uno de ellos no se pueda considerar su uso.

Ahora bien, la razón principal para que estas aplicaciones y *softwares* no sean considerados LVM es que el adjetivo virtual que se interpone entre el LM parece hacer referencia a dos cosas completamente distintas: la primera es a un LM mediado por tecnologías, en particular digitales, y la segunda, a un LM que hace uso de tecnologías en general. Un *software* por sí mismo no tiene esos elementos que caracterizan un LM porque generalmente están pensados para hacer representaciones de objetos matemáticos, simulaciones a las que se les puede asignar

cualquier contexto o exploraciones centradas solo en el contexto matemático. Estos tienen más sentido para un LM cuando se consideran recursos porque son ellos quienes permitirán la construcción del conocimiento matemático a partir de su manipulación. En todo caso, este asunto no es relevante para los LVM, precisamente porque esta concepción los transforma de inmediato en LM que en sus recursos considera la tecnología digital.

De este modo, cualquier cosa denominada LVM debe asegurar tanto la presencia de los componentes esenciales del LM como su integración y operación coordinada, para garantizar un adecuado funcionamiento. Es por ello por lo que un LVM es un LM mediado por tecnologías digitales. Así las cosas, coincidimos con Infante (2014) en que un LVM es un espacio electrónico, pero en este debe existir una representación de los elementos: recursos didácticos, conjuntos de actividades, experimentación e interacción social y construcción de significados.

Para lograr entonces la correspondencia entre el LVM y el LM, se hace preciso situarlo en un espacio electrónico o, en términos más específicos, un ambiente virtual de aprendizaje (AVA), el cual debe estar compuesto por diferentes objetos virtuales de aprendizaje (OVA) que garanticen la actividad de experimentación, la ubicación del conjunto de actividades, los recursos y que facilite la interacción social. Por consiguiente, un LVM es un AVA conformado por OVA caracterizadas según los elementos que componen un LM.

Conclusiones

Este estudio ha permitido una comprensión profunda y detallada del LM y su conceptualización desde diferentes perspectivas. Mediante la revisión documental y el análisis de las definiciones existentes se han identificado seis categorías clave que caracterizan a los LM: el conjunto de actividades (CT1-LM), el espacio

físico (CT2-LM), la experimentación (CT3-LM), el uso de recursos tangibles (CT4-LM), el uso de tecnología digital (CT5-LM) y la construcción de significados matemáticos (CT6-LM).

Los resultados indican, por una parte, que los LM son entornos educativos dinámicos y versátiles que combinan una variedad de recursos y metodologías para facilitar el aprendizaje y la comprensión de conceptos matemáticos. La integración de actividades prácticas, el uso de materiales tangibles y digitales, y la promoción de la experimentación y la interacción social son elementos esenciales que contribuyen al éxito de los LM en el desarrollo del pensamiento matemático de los estudiantes. Además, se destaca la importancia de la construcción de significados matemáticos, que permite a los estudiantes conectar ideas abstractas con experiencias concretas y promueve una comprensión holística y duradera de las matemáticas. La revisión de la literatura sugiere que estos enfoques no solo mejoran el rendimiento académico, sino que también fomentan una actitud positiva hacia el aprendizaje de las matemáticas.

Además, un LM se caracteriza por ser un espacio físico en el que los estudiantes pueden manipular materiales concretos, realizar experimentos y explorar conceptos matemáticos por medio de actividades prácticas. En estos espacios, el uso de recursos tangibles como regletas, bloques geométricos, ábacos y otros materiales facilita la construcción de significados matemáticos. También promueven, por un lado, el aprendizaje colaborativo mediante la comunicación, argumentación o refutación de ideas y, por otro lado, el desarrollo del pensamiento lógico, a partir de la generación de estrategias para la resolución de problemas, y la formulación y posterior verificación de hipótesis. De este modo, el LM fomenta el aprendizaje basado en la experimentación, la exploración y la construcción del conocimiento mediante la interacción con materiales tangibles y la interacción social.

Por otra parte, se observa que los aspectos que se tienen en cuenta en las definiciones estudiadas del LVM distan, en gran medida, de las características propias de un LM. Mediante el análisis comparativo que se efectuó en este artículo se identificó que las definiciones del LVM abordadas se centran exclusivamente en el uso de herramientas digitales y simulaciones en las cuales se dejan de lado varios de los elementos característicos del LM, como la experimentación, la interacción social y la construcción de significados matemáticos. De este modo, se expone la necesidad de una conceptualización del LVM para que este no se restrinja al uso de recursos tecnológicos. En lugar de esto, se espera que este concepto reúna los elementos característicos del LM y se incorporen como un entorno virtual.

Cabe señalar que la implementación de un LVM puede proporcionar un ambiente digital óptimo en el que se logre experimentar sin la necesidad de contar con el material tangible, pero con diversas posibilidades de simular fenómenos de la vida cotidiana que resultan difíciles de recrear en la realidad escolar. Por ende, se establece que un LVM debe ser diseñado de tal manera que facilite la incorporación de situaciones que aborden contextos muy cercanos a la realidad, que permitan la experimentación por parte de los estudiantes.

En consecuencia, un LVM se caracteriza por el uso de herramientas digitales e interactivas que permiten simular fenómenos matemáticos y visualizar conceptos abstractos de manera dinámica. Estos entornos pueden incluir *software* especializado, aplicaciones en línea, simulaciones, entornos de realidad aumentada y plataformas de aprendizaje adaptativo. Entre sus principales ventajas se encuentra la posibilidad de acceder a múltiples representaciones de un mismo concepto, la interacción con escenarios dinámicos y la posibilidad de personalizar el aprendizaje según el ritmo y las necesidades de cada estudiante. Desde la perspectiva metodológica, los laboratorios virtuales

facilitan el aprendizaje autónomo, el acceso a recursos didácticos en línea y la integración de tecnologías emergentes en la enseñanza de las matemáticas.

Finalmente, las categorías desarrolladas en este estudio proporcionan un marco teórico sólido para futuras investigaciones y la implementación práctica de LM en diversos contextos educativos. Este marco puede ser utilizado por educadores y desarrolladores de currículos para diseñar y mejorar los LM, asegurando que cumplan con los objetivos educativos y las necesidades de los estudiantes.

Referencias

- Arce, J. (2004). *Área de Educación Matemática* (Documento interno de trabajo). Instituto de Educación y Pedagogía, Universidad del Valle.
- Bartolini-Bussi, M. y Mariotti, M. (2008). Semiotic mediation in the mathematics classroom: Artifacts and signs after a Vygotskian perspective. En L. English, M. G. Bartolini-Bussi, G. Jones, R. Lesh y D. Tirosh (Eds.), *Handbook of international re-search in mathematics education* (2.a ed. revisada; pp. 746-783). Lawrence Erlbaum.
- Biñán, J. (2015). *La utilización del laboratorio virtual de matemática y su incidencia en el rendimiento académico de los alumnos del décimo año A, en los temas de funciones y gráfica de funciones, de la Unidad Educativa Intercultural Oswaldo Guayasamín* [Tesis de licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
- Borel, E. (2002). Les exercices pratiques de mathématiques dans l'enseignement secondaire [Ponencia]. *Gazette des Mathématiciens*, (93), 47-64.
- Castro, L. y Forero, C. (2019). *Razonamiento covariacional con tecnologías digitales, un camino hacia el cálculo*. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/11412>

- García, A., Barroso, R., Gavilán, J. y Sánchez, Á. (2002). Laboratorio virtual de matemáticas. *Revista de Enseñanza Universitaria*, 19, 9-14.
- González, J. M. y Tovar, J. J. (2017). *Propuesta para promover la educación estadística crítica en estudiantes de secundaria a través de la cultura mediática*. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/9454>
- Grueso, D. S. G., y Valencia, J. (2019). *Un acercamiento al desarrollo del pensamiento variacional desde la perspectiva del isomorfismo de medida: Una experiencia en el laboratorio de matemáticas* [Tesis de maestría, Universidad del Valle].
- Hernández, E. D. Ángel (2017). El laboratorio de matemáticas como estrategia de aprendizaje. *Divulgare. Boletín Científico de la Escuela Superior de Actopan*, 4(7). <https://doi.org/10.29057/esa.v4i7.2143>.
- Infante, J. C. (2014). Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 19(62), 917-937. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-6662014000300013&lng=es&tIng=es
- Jaimes, F. y Quiroga, S. (2020). *Tipos de recursos en GeoGebra y su incidencia en el desarrollo del pensamiento variacional*. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/12389>
- Kahane, J. P. (2006). Cooperation and competition as a challenge in and beyond the classroom. ICMI Study n.o 16 Conference. <http://www.amt.canberra.edu.au/icmis16pkahane.pdf>
- Maschietto, M. y Trouche, L. (2010). Mathematics learning and tools from theoretical, historical and practical points of view: The productive notion of mathematics laboratories. *zdm—The International Journal on Mathematics Education*, 42(1), 33-41.
- Pabón, O., Gómez, D. y Sarmiento, E. (2008). El laboratorio de matemáticas. En C. J. Luque (Ed.), *Memorias XVIII Encuentro de Geometría y VI Encuentro de Aritmética* (pp. 189-201). Universidad Pedagógica Nacional.
- Rabardel, P. (1995). *Les Hommes et les Technologies, Approche Cognitive des Instruments Contemporains*. Série Psychologie.